

# Lubrificação industrial I

Uma empresa de bebidas utiliza em sua linha de produção uma esteira com mancais de rolamento. A esteira transporta garrafas que são enchidas com um delicioso refrigerante diet.

De tempos em tempos, o funcionário encarregado da lubrificação das máquinas e equipamentos ia até a esteira para lubrificá-la. Ele sabia que os mancais de rolamento da esteira utilizavam um lubrificante com características especiais .

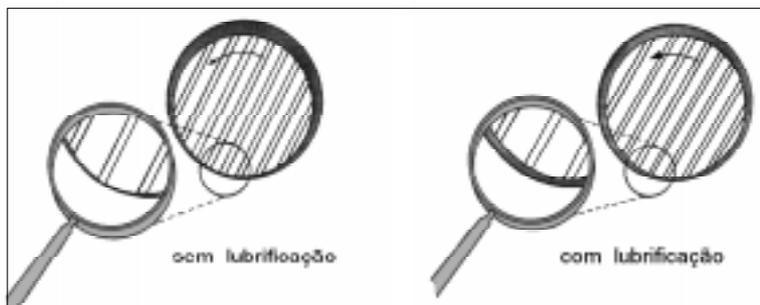
Quais eram as características especiais do lubrificante usado nos mancais de rolamento da esteira?

Resposta para esta pergunta e outras informações a respeito de lubrificação e lubrificantes serão dadas nesta aula.

## Conceito e objetivos da lubrificação

A lubrificação é uma operação que consiste em introduzir uma substância apropriada entre superfícies sólidas que estejam em contato entre si e que executam movimentos relativos. Essa substância apropriada normalmente é um óleo ou uma graxa que impede o contato direto entre as superfícies sólidas.

Quando recobertos por um lubrificante, os pontos de atrito das superfícies sólidas fazem com que o atrito sólido seja substituído pelo atrito fluido, ou seja, em atrito entre uma superfície sólida e um fluido. Nessas condições, o desgaste entre as superfícies será bastante reduzido.

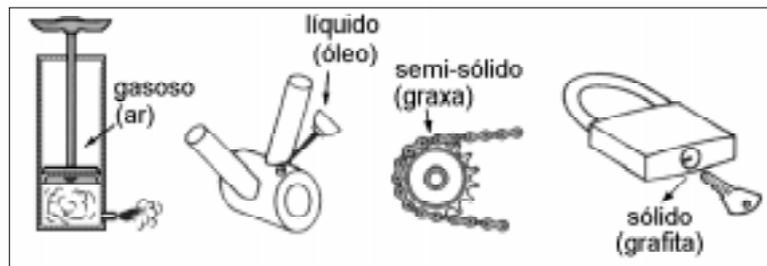


Além dessa redução do atrito, outros objetivos são alcançados com a lubrificação, se a substância lubrificante for selecionada corretamente:

- menor dissipação de energia na forma de calor;
- redução da temperatura, pois o lubrificante também refrigera;
- redução da corrosão;
- redução de vibrações e ruídos;
- redução do desgaste.

### Lubrificantes

Os lubrificantes podem ser gasosos como o ar; líquidos como os óleos em geral; semi-sólidos como as graxas e sólidos como a grafita, o talco, a mica etc.



Contudo, os lubrificantes mais práticos e de uso diário são os líquidos e os semi-sólidos, isto é, os óleos e as graxas.

### Classificação dos óleos quanto à origem

Quanto à origem, os óleos podem ser classificados em quatro categorias: óleos minerais, óleos vegetais, óleos animais e óleos sintéticos.

**Óleos minerais** – São substâncias obtidas a partir do petróleo e, de acordo com sua estrutura molecular, são classificadas em óleos parafínicos ou óleos naftênicos.

**Óleos vegetais** – São extraídos de sementes: soja, girassol, milho, algodão, arroz, mamona, oiticica, babaçu etc.

**Óleos animais** – São extraídos de animais como a baleia, o cachalote, o bacalhau, a capivara etc.

**Óleos sintéticos** – São produzidos em indústrias químicas que utilizam substâncias orgânicas e inorgânicas para fabricá-los. Estas substâncias podem ser silicões, ésteres, resinas, glicerinas etc.

### Aplicações dos óleos

Os óleos animais e vegetais raramente são usados isoladamente como lubrificantes, por causa da sua baixa resistência à oxidação, quando comparados a outros tipos de lubrificantes. Em vista disso, eles geralmente são adicionados aos óleos minerais com a função de atuar como agentes de oleosidade. A mistura obtida apresenta características eficientes para lubrificação, especialmente em regiões de difícil lubrificação.

Alguns óleos vegetais são usados na alimentação humana. Você é capaz de citar alguns?

Os óleos sintéticos são de aplicação muito rara, em razão de seu elevado custo, e são utilizados nos casos em que outros tipos de substâncias não têm atuação eficiente.

Os óleos minerais são os mais utilizados nos mecanismos industriais, sendo obtidos em larga escala a partir do petróleo.

### Características dos óleos lubrificantes

Os óleos lubrificantes, antes de serem colocados à venda pelo fabricante, são submetidos a ensaios físicos padronizados que, além de controlarem a qualidade do produto, servem como parâmetros para os usuários.

Os principais ensaios físicos padronizados para os óleos lubrificantes encontram-se resumidos na tabela a seguir.

TIPO DE ENSAIO	O QUE DETERMINA O ENSAIO
Viscosidade	Resistência ao escoamento oferecida pelo óleo. A viscosidade é inversamente proporcional à temperatura. O ensaio é efetuado em aparelhos denominados viscosímetros. Os viscosímetros mais utilizados são o Saybolt, o Engler, o Redwood e o Ostwald.
Índice de viscosidade	Mostra como varia a viscosidade de um óleo conforme as variações de temperatura. Os óleos minerais parafínicos são os que apresentam menor variação da viscosidade quando varia a temperatura e, por isso, possuem índices de viscosidade mais elevados que os naftênicos.
Densidade relativa	Relação entre a densidade do óleo a 20°C e a densidade da água a 4°C ou a relação entre a densidade do óleo a 60°F e a densidade da água a 60°F.
Ponto de fulgor (flash point)	Temperatura mínima à qual pode inflamar-se o vapor de óleo, no mínimo, durante 5 segundos. O ponto de fulgor é um dado importante quando se lida com óleos que trabalham em altas temperaturas.
Ponto de combustão	Temperatura mínima em que se sustenta a queima do óleo.
Ponto de mínima fluidez	Temperatura mínima em que ocorre o escoamento do óleo por gravidade. O ponto de mínima fluidez é um dado importante quando se lida com óleos que trabalham em baixas temperaturas.
Resíduos de carvão	Resíduos sólidos que permanecem após a destilação destrutiva do óleo.

### Graxas

As graxas são compostos lubrificantes semi-sólidos constituídos por uma mistura de óleo, aditivos e agentes engrossadores chamados sabões metálicos, à base de alumínio, cálcio, sódio, lítio e bário. Elas são utilizadas onde o uso de óleos não é recomendado.

As graxas também passam por ensaios físicos padronizados e os principais encontram-se no quadro a seguir.

TIPO DE ENSAIO	O QUE DETERMINA O ENSAIO
Consistência	Dureza relativa, resistência à penetração.
Estrutura	Tato, aparência.
Filamentação	Capacidade de formar fios ou filamentos.
Adesividade	Capacidade de aderência.
Ponto de fusão ou gotejo	Temperatura na qual a graxa passa para o estado líquido.

### Tipos de graxa

Os tipos de graxa são classificados com base no sabão utilizado em sua fabricação.

**Graxa à base de alumínio:** macia; quase sempre filamentosa; resistente à água; boa estabilidade estrutural quando em uso; pode trabalhar em temperaturas de até 71°C. É utilizada em mancais de rolamento de baixa velocidade e em chassis.

**Graxa à base de cálcio:** vaselinada; resistente à água; boa estabilidade estrutural quando em uso; deixa-se aplicar facilmente com pistola; pode trabalhar em temperaturas de até 77°C. É aplicada em chassis e em bombas d'água.

**Graxa à base de sódio:** geralmente fibrosa; em geral não resiste à água; boa estabilidade estrutural quando em uso. Pode trabalhar em ambientes com temperatura de até 150°C. É aplicada em mancais de rolamento, mancais de rodas, juntas universais etc.

**Graxa à base de lítio:** vaselinada; boa estabilidade estrutural quando em uso; resistente à água; pode trabalhar em temperaturas de até 150°C. É utilizada em veículos automotivos e na aviação.

**Graxa à base de bário:** características gerais semelhantes às graxas à base de lítio.

**Graxa mista:** é constituída por uma mistura de sabões. Assim, temos graxas mistas à base de sódio-cálcio, sódio-alumínio etc.

Além dessas graxas, há graxas de múltiplas aplicações, graxas especiais e graxas sintéticas.

### Lubrificantes sólidos

Algumas substâncias sólidas apresentam características peculiares que permitem a sua utilização como lubrificantes, em condições especiais de serviço.

Entre as características importantes dessas substâncias, merecem ser mencionadas as seguintes:

- baixa resistência ao cisalhamento;
- estabilidade a temperaturas elevadas;
- elevado limite de elasticidade;
- alto índice de transmissão de calor;
- alto índice de adesividade;
- ausência de impurezas abrasivas.

Embora tais características não sejam sempre atendidas por todas as substâncias sólidas utilizadas como lubrificantes, elas aparecem de maneira satisfatória nos carbonos cristalinos, como a grafita, e no bissulfeto de molibdênio, que são, por isso mesmo, aquelas mais comumente usadas para tal finalidade.

A grafita, após tratamentos especiais, dá origem à grafita coloidal, que pode ser utilizada na forma de pó finamente dividido ou em dispersões com água, óleos minerais e animais e alguns tipos de solventes.

É crescente a utilização do bissulfeto de molibdênio ( $\text{MoS}_2$ ) como lubrificante. A ação do enxofre (símbolo químico = S) existente em sua estrutura propicia uma excelente aderência da substância com a superfície metálica, e seu uso é recomendado sobretudo para partes metálicas submetidas a condições severas de pressão e temperaturas elevadas. Pode ser usado em forma de pó dividido ou em dispersão com óleos minerais e alguns tipos de solventes.

A utilização de sólidos como lubrificantes é recomendada para serviços em condições especiais, sobretudo aquelas em que as partes a lubrificar estão submetidas a pressões ou temperaturas elevadas ou se encontram sob a ação de cargas intermitentes ou em meios agressivos. Os meios agressivos são comuns nas refinarias de petróleo, nas indústrias químicas e petroquímicas.

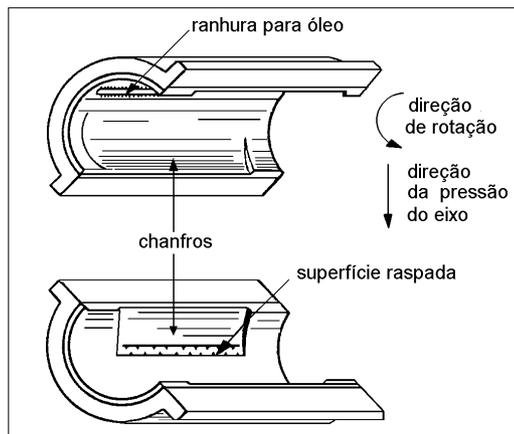
## Aditivos

Aditivos são substâncias que entram na formulação de óleos e graxas para conferir-lhes certas propriedades. A presença de aditivos em lubrificantes tem os seguintes objetivos:

- melhorar as características de proteção contra o desgaste e de atuação em trabalhos sob condições de pressões severas;
- aumentar a resistência à oxidação e corrosão;
- aumentar a atividade dispersante e detergente dos lubrificantes;
- aumentar a adesividade;
- aumentar o índice de viscosidade.

## Lubrificação de mancais de deslizamento

O traçado correto dos chanfros e ranhuras de distribuição do lubrificante nos mancais de deslizamento é o fator primordial para se assegurar a lubrificação adequada.



Os mancais de deslizamento podem ser lubrificados com óleo ou com graxa. No caso de óleo, a viscosidade é o principal fator a ser levado em consideração; no caso de graxa, a sua consistência é o fator relevante.

A escolha de um óleo ou de uma graxa também depende dos seguintes fatores:

- geometria do mancal: dimensões, diâmetro, folga mancal/eixo;
- rotação do eixo;
- carga no mancal;
- temperatura de operação do mancal;
- condições ambientais: temperatura, umidade, poeira e contaminantes;
- método de aplicação.

### Lubrificação de mancais de rolamento

Os rolamentos axiais autocompensadores de rolos são lubrificados, normalmente, com óleo. Todos os demais tipos de rolamentos podem ser lubrificados com óleo ou com graxa.

#### Lubrificação com graxa

Em mancais de fácil acesso, a caixa pode ser aberta para se renovar ou completar a graxa. Quando a caixa é bipartida, retira-se a parte superior; caixas inteiriças dispõem de tampas laterais facilmente removíveis. Como regra geral, a caixa deve ser cheia apenas até um terço ou metade de seu espaço livre com uma graxa de boa qualidade, possivelmente à base de lítio.

#### Lubrificação com óleo

O nível de óleo dentro da caixa de rolamentos deve ser mantido baixo, não excedendo o centro do corpo rolante inferior. É muito conveniente o emprego de um sistema circulatório para o óleo e, em alguns casos, recomenda-se o uso de lubrificação por neblina.

#### Intervalos de lubrificação

No caso de rolamentos lubrificados por banho de óleo, o período de troca de óleo depende, fundamentalmente, da temperatura de funcionamento do rolamento e da possibilidade de contaminação proveniente do ambiente. Não havendo grande possibilidade de poluição, e sendo a temperatura inferior a 50°C, o óleo pode ser trocado apenas uma vez por ano. Para temperaturas em torno de 100°C, este intervalo cai para 60 ou 90 dias.

### Lubrificação dos mancais dos motores

Temperatura, rotação e carga do mancal são os fatores que vão direcionar a escolha do lubrificante.

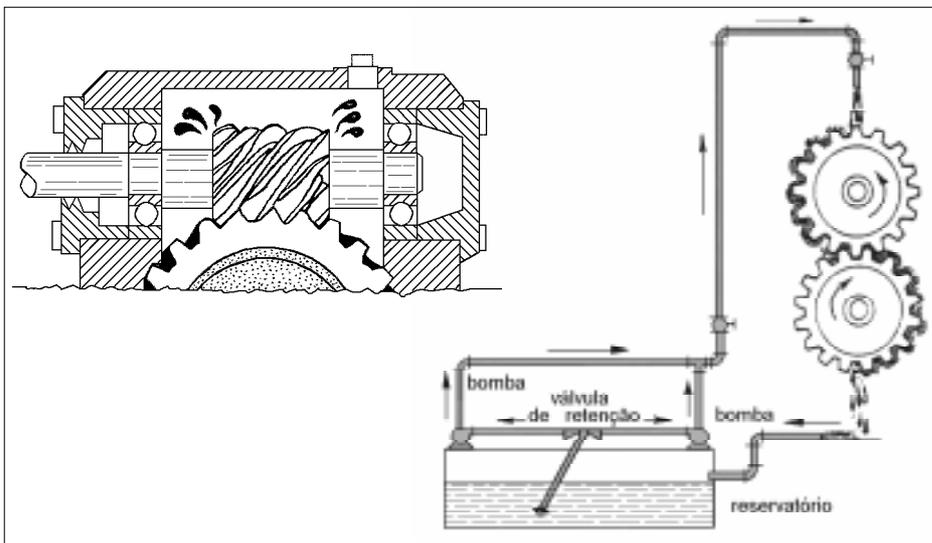
#### Regra geral:

- temperaturas altas: óleo mais viscoso ou uma graxa que se mantenha consistente;
- altas rotações: usar óleo mais fino;
- baixas rotações: usar óleo mais viscoso.

## Lubrificação de engrenagens fechadas

A completa separação das superfícies dos dentes das engrenagens durante o engrenamento implica presença de uma película de óleo de espessura suficiente para que as saliências microscópicas destas superfícies não se toquem.

O óleo é aplicado às engrenagens fechadas por meio de salpico ou de circulação.



A seleção do óleo para engrenagens depende dos seguintes fatores: tipo de engrenagem, rotação do pinhão, grau de redução, temperatura de serviço, potência, natureza da carga, tipo de acionamento, método de aplicação e contaminação.

## Lubrificação de engrenagens abertas

Não é prático nem econômico encerrar alguns tipos de engrenagem numa caixa. Estas são as chamadas engrenagens abertas.

As engrenagens abertas só podem ser lubrificadas intermitentemente e, muitas vezes, só a intervalos regulares, proporcionando películas lubrificantes de espessuras mínimas entre os dentes, prevalecendo as condições de lubrificação limítrofe.

Ao selecionar o lubrificante de engrenagens abertas, é necessário levar em consideração as seguintes condições: temperatura, método de aplicação, condições ambientais e material da engrenagem.

## Lubrificação de motorredutores

A escolha de um óleo para lubrificar motorredutores deve ser feita considerando-se os seguintes fatores: tipo de engrenagens; rotação do motor; temperatura de operação e carga. No geral, o óleo deve ser quimicamente estável para suportar oxidações e resistir à oxidação.

## Lubrificação de máquinas-ferramenta

Existe, atualmente, um número considerável de máquinas-ferramenta com uma extensa variedade de tipos de modelos, dos mais rudimentares àqueles mais sofisticados, fabricados segundo as tecnologias mais avançadas.

Diante de tão grande variedade de máquinas-ferramenta, recomenda-se a leitura atenta do manual do fabricante do equipamento, no qual serão encontradas indicações precisas para lubrificação e produtos a serem utilizados.

Para equipamentos mais antigos, e não se dispor de informações mais precisas, as seguintes indicações genéricas podem ser obedecidas:

**Sistema de circulação forçada** – óleo lubrificante de primeira linha com número de viscosidade S 215 (ASTM).

**Lubrificação intermitente** (oleadeiras, copo conta-gotas etc.) – óleo mineral puro com número de viscosidade S 315 (ASTM).

**Fusos de alta velocidade** (acima de 3000 rpm) – óleo lubrificante de primeira linha, de base parafínica, com número de viscosidade S 75 (ASTM).

**Fusos de velocidade moderada** (abaixo de 3000 rpm) – óleo lubrificante de primeira linha, de base parafínica, com número de viscosidade S 105 (ASTM).

**Guias e barramentos** – óleos lubrificantes contendo aditivos de adesividade e inibidores de oxidação e corrosão, com número de viscosidade S 1000 (ASTM).

**Caixas de redução** – para serviços leves podem ser utilizados óleos com número de viscosidade S 1000 (ASTM) aditivados convenientemente com antioxidantes, antiespumantes etc. Para serviços pesados, recomendam-se óleos com aditivos de extrema pressão e com número de viscosidade S 2150 (ASTM).

**Lubrificação à graxa** – em todos os pontos de lubrificação à graxa pode-se utilizar um mesmo produto. Sugere-se a utilização de graxas à base de sabão de lítio de múltipla aplicação e consistência NLGI 2.

**Observações:** **S** = Saybolt; **ASTM** = American Society of Testing Materials (Sociedade Americana de Materiais de Teste). **NLGI** = National Lubricating Grease Institute (Instituto Nacional de Graxa Lubrificante).

Em resumo, por mais complicada que uma máquina pareça, há apenas três elementos a lubrificar:

1. Apoios de vários tipos, tais como: mancais de deslizamento ou rolamento, guia etc.
2. Engrenagens de dentes retos, helicoidais, parafusos de rosca sem-fim etc., que podem estar descobertas ou encerradas em caixas fechadas.
3. Cilindros, como os que se encontram nos compressores e em toda a espécie de motores, bombas ou outras máquinas com êmbolos.

Responda.

**Exercício 1**

No que consiste a lubrificação?

**Exercício 2**

Em termos práticos, quais são os lubrificantes mais utilizados?

**Exercício 3**

Quanto à origem, como se classificam os lubrificantes?

**Exercício 4**

O que é viscosidade?

**Exercício 5**

O que são graxas?

**Exercício 6**

Um mancal de deslizamento que opera sob alta pressão e em baixa rotação deve ser lubrificado com óleo ou graxa? Justifique.

